

03P/15958



⑨ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 19 933 A 1**

⑪ Int. Cl. 6:

H01F 41/04
G 01 R 33/385

B5

⑪ Aktenzeichen: 195 19 933.2
⑪ Anmeldetag: 31. 5. 95
⑪ Offenlegungstag: 5. 12. 96

DE 195 19 933 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

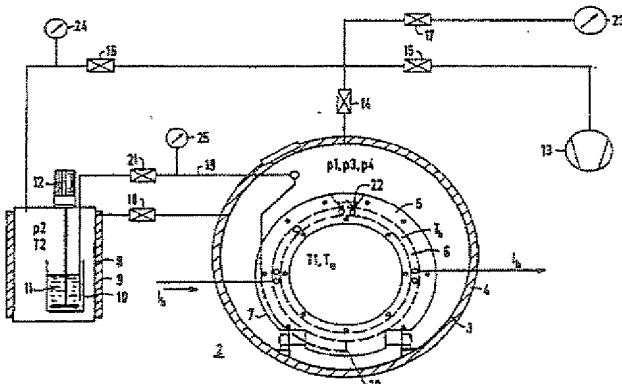
⑦2 Erfinder:
Meier, Konrad, 91058 Erlangen, DE; Massek, Peter,
91301 Forchheim, DE; Salzburger, Herbert, 91058
Erlangen, DE

⑤5 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 40 17 260 A1
US 45 76 768

⑥4 Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule einer Magnetresonanzanlage

⑥5 Mit dem Verfahren ist eine Gradientenspule einer Magnetresonanzanlage herzustellen. Hierbei wird die mindestens eine Spulenwicklung aus einem elektrischen Leiter bei Unterdruckverhältnissen mit einem aushärtbaren Kunststoff vergossen und einer Wärmebehandlung zur Aushärtung des Kunststoffes unterzogen. Erfindungsgemäß wird bei der Wärmebehandlung zur Aushärtung des Kunststoffes der Leiter als eine Widerstandsheizung betrieben, wobei er sich zumindest in der Anfangsphase des Aushärtungsprozesses auf einer Leitertemperatur (T_h) befindet, die höher als die Umgebungstemperatur (T_u) des Spulenaufbaus (6) ist.



DE 195 19 933 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 96 602 049/210

7/25

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung mindestens einer Gradientenspule einer Magnetresonanzanlage, bei welchem Verfahren ein Trägerkörper mit der mindestens einen Spulenwicklung aus wenigstens einem elektrischen Leiter versehen wird und dieser Spulenaufbau bei Unterdruckverhältnissen mit einem aushärtbaren Kunststoff vergossen und einer Wärmebehandlung zur Aushärtung des Kunststoffes auf einer gegenüber Raumtemperatur erhöhten Umgebungstemperatur unterzogen wird.

Anlagen zum Erzeugen von Schnittbildern eines zu untersuchenden Objektes, insbesondere eines menschlichen Körpers oder Körperteils, unter Anwendung magnetischer Kernresonanzen sind an sich bekannt. Hierbei wird der zu untersuchende Körper in ein starkes, homogenes Magnetfeld, das sogenannte Grundfeld, eingebracht, das in dem Körper eine Ausrichtung der Kernspins von Atomkernen, insbesondere von an Wasser gebundenen Wasserstoffatomkernen (Protonen), bewirkt. Mittels hochfrequenter Anregungspulse werden dann diese Kerne zu einer Präzessionsbewegung angeregt. Nach dem Ende eines entsprechenden Anregungspulses präzessieren die Atomkerne mit einer Frequenz, die von der Stärke des Grundfeldes abhängt, und pendeln sich dann aufgrund ihrer Spins nach einer vorbestimmten Relaxationszeit wieder in die durch das Grundfeld vorgegebene Vorzugsrichtung ein. Durch rechnerische und/oder meßtechnische Analyse der integralen, hochfrequenten Kernsignale kann bezüglich einer Körperschicht aus der räumlichen Spindichte oder aus der Verteilung der Relaxationszeiten ein Bild erzeugt werden. Die Zuordnung des infolge der Präzessionsbewegung nachweisbaren Kernresonanzsignals zum Ort seiner Entstehung erfolgt durch Anwendung linearer Feldgradienten.

Hierzu werden entsprechende Gradientenfelder dem Grundfeld überlagert und so gesteuert, daß nur in einer abzubildenden Schicht eine Anregung der Kerne erfolgt. Eine auf diesen physikalischen Effekten basierende Bilddarstellung ist auch bekannt unter der Bezeichnung Kernspin-Tomographie oder Nuclear-Magnetic-Resonance-Tomography.

Eine z. B. aus der EP 0 073 402 A zu entnehmende Ausführungsform einer Anlage zur Kernspin-Tomographie enthält ein System aus Gradientenspulen, deren elektrische Leiter einen Hohlzylinder nachbilden, dessen Zylinderachse in z-Richtung eines rechtwinkligen x-y-z-Koordinatensystems mit dem Koordinatenursprung im Zentrum eines Abbildungs- bzw. Untersuchungsbereiches verläuft. In dieser Richtung erstreckt sich auch das magnetische Grundfeld B_z eines entsprechenden Grundfeldmagneten. Zur Erzeugung eines im Abbildungsbereich wenigstens annähernd konstanten Feldgradienten G_z in Richtung des Grundfeldes sind wenigstens zwei ringförmige, symmetrisch zur x-y-Ebene angeordnete Einzelspulen vorgesehen. Ferner enthält das Gradientenspulen-System zum Erzeugen eines im Abbildungsbereich weitgehend konstanten Feldgradienten G_y in y-Richtung sowie eines entsprechenden Feldgradienten G_x in x-Richtung jeweils einen Satz von Paaren von sattelförmigen Einzelspulen. Die Paare sind jeweils symmetrisch zur x-y-Ebene, welche zugleich die Abbildungsebene eines herzustellenden Körperschnittbildes ist, angeordnet.

Die einzelnen Spulen eines derartigen Gradientenspulen-Systems müssen starr und unverrückbar auf min-

destens einem hohlzylindrischen Trägerkörper aus einem nicht-magnetischen Material wie z. B. aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) angeordnet werden. Hierzu werden die Leiter der Gradientenspulen auf der Außenseite und/oder der Innenseite des Trägerkörpers oder insbesondere im Zwischenraum zwischen zwei sich konzentrisch umschließenden, untereinander beabstandeten Trägerrohren provisorisch befestigt. Der so erhaltene Aufbau wird dann unter Unterdruck entgast, bevor er bei erhöhter Temperatur mit einem flüssigen, aushärtbaren Kunststoff, beispielsweise einem entsprechenden Kunsthars, imprägniert wird. Unter Aufrechterhaltung des Unterdruckes wird dann der Aufbau einer Wärmebehandlung unterzogen, um so den Kunststoff aus zuhärten.

Eine Variante der Kernspin-Tomographie ist das sogenannte "Echo-Planar-Imaging" (EPI), (vgl. Druckschrift der Siemens Medical Syst., Inc., Iselin, NJ (USA), mit dem Titel "Echo Planar Imaging: Two Dimensional Scanning in an Instant"). Diese Variante eröffnet den Bereich der Kurzzeit-Magnetresonanz-Bilder eines zu untersuchenden Körpers. Dabei werden die für ein Schichtbild erforderlichen Daten innerhalb einer sehr kurzen Elementarpulsfolge von insbesondere etwa 60 ms aufgenommen. Dies ist z. B. für Herzaufnahmen besonders attraktiv. Die erforderliche schnelle Abtastung bedingt allerdings verhältnismäßig hohe Gradientenfeldstärken von beispielsweise 40 mT/m statt der bisher üblichen maximalen 10 mT/m bei einer Betriebsfrequenz um 1 kHz. Entsprechende Feldverhältnisse sind mit bekannten Gradientenspulen nicht ohne weiteres zu realisieren. Bei einem EPI-Betrieb entsprechender Spulen werden nämlich verstärkt unerwünschte HF-Störsignale, sogenannte "Spikes", beobachtet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszustalten, daß mit ihm für einen EPI-Betrieb geeignete Gradientenspulen zu erhalten sind, bei denen die Gefahr der Bildung solcher Spikes zum mindesten weitgehend auszuschließen ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei der Wärmebehandlung zur Aushärtung des Kunststoffes der wenigstens eine elektrische Leiter als Widerstandsheizung mittels eines in ihm fließenden Stromes derart betrieben wird, daß er sich zumindest in der Anfangsphase des Aushärtungsprozesses auf einer Leitertemperatur befindet, die höher als die Umgebungstemperatur des Spulenaufbaus ist.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen gehen von der Erkenntnis aus, daß eine "Spikes"-freie Bildqualität einer Kernspinresonanzanlage direkt abhängig von der Qualität des Gradientenspulenvergusses ist. Aufgrund der Spulenbetriebsdaten mit Spannungen im kV-Bereich bei einem Strom von bis zu 300 A und Frequenzen um 1 kHz sind nämlich höchste isolationstechnische Anforderungen an den Spulenverguß zu stellen. Diese Forderungen werden weiter verstärkt durch die Tatsache, daß zur Bildgewinnung kleinste hochfrequente Signale genutzt werden. Mit der erfindungsgemäßen Erwärmung der Leiter über die Umgebungstemperatur (außerhalb des Oberflächenbereichs des Leiters) hinaus kann vorzeitig erreicht werden, daß der zunächst flüssige Kunststoff von der wärmeren Leiteroberfläche weg nach den auf Umgebungstemperatur liegenden, von der Oberfläche weiter entfernten Außenbereichen der Spule hin aushärtet. Es lassen sich so Poren- und Mikrorisse zum mindesten in der Umgebung der Leiter ausschließen, die als Ursache für die Spikes aufgrund von Glimmentala-

dungen in den entsprechenden Hohlräumen angesehen werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Deren einzige Figur zeigt ein Schema einer Imprägnieranlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist eine Gradientenspule oder ein System von Gradientenspulen aus wenigstens einem elektrischen Leiter für eine Anlage zur Kernspintomographie zu erstellen. Als elektrischer Leiter kann beispielsweise ein Cu-Seilleiter aus einem Preßseil mit rechteckigem Querschnitt mit einer Vielzahl von Einzeldrähten verwendet werden. Die Wicklung der wenigstens einen Spule wird auf wenigstens einem Trägerkörper provisorisch befestigt. Vorteilhaft wird der gesamte mechanische Aufbau so gestaltet, daß zumindest in Leiternähe nur Spalte oder Freiräume verbleiben, deren größte Weite nicht mehr als 2 mm, vorgezugsweise nicht mehr als 0,5 mm beträgt. Zu einem diesbezüglichen Ausfüllen der Hohlräume dienen besondere Zusatzkörper, beispielsweise formgefräste Füllstücke, die z. B. aus einem glasverstärkten Kunststoff (GFK) bestehen. Alle verwendeten Werkstoffe sollten vorteilhaft dahingehend ausgewählt sein, daß sie in der Vakuumphase des Herstellungsverfahrens praktisch keine oder nur kleinste Ausgasungen verursachen. Für eine GFK-Qualität bedeutet dies, daß die DIN-Norm 7735 für GFK 23724 bzw. 2375.4 erfüllt sein muß (vgl. z. B. "Isola" — Technische Information S-S1: Schichtpreßstoffe, Isola-Werke AG, Düren, DE). Eine minimale Ausgasung bedeutet, daß sich bei einem Verguß mit einem aushärtbaren, noch flüssigen Kunststoff (Imprägniermittel) bei vorgegebenen Druck- und Temperaturverhältnissen des Herstellungsverfahrens in dem noch flüssigen Kunststoff praktisch keine Gasblasen bilden. Ferner sollten die Oberflächen der verwendeten Teile sauber und absolut feittfrei sein. Zweckmäßig werden die Oberflächen von GFK-Teilen vor dem Reinigen durch Glasperlenstrahlen aufgerauht. Es sollte außerdem besonders darauf geachtet werden, daß an Leiterverbindungen wie z. B. Lötkontakte alle Grate, Ecken und Kanten äußerst sauber verrundet sind.

Ein konkretes Ausführungsbeispiel eines entsprechenden Gradientenspulenaufbaus weist folgende Komponenten auf:

- Rohrförmiger Trägerkörper aus GFK 2375.4 (ca. 50 Maße: Innendurchmesser: 630 mm; Außendurchmesser: 640; axiale Länge: 1100 mm)
- Sattelspulenformteile (Spacer) und Füllstücke aus GFK 2372.4
- Cu-Seilleiter mit lackisierten Einzeldrähten
- Leiterisolation als Glasgewebe-Umbandelung oder Glasseiden-Umspinnung
- interne Leiterkontakte aus Cu-Litze; externe Leiterkontakte aus Massiv-Cu
- Isolation der internen Kontakte mit Trivolt-hermfolie (Kapton zwischen Glasseide)
- Kaptonband nur an wenigen diskreten Stellen (bei geschädigter Leiterisolation)
- Spannbänder aus Polyamid bzw. Polyester
- Lagenisolation aus Glasseidengewebe, mehrfach überlappt gewickelt
- Außenbandgage aus Glasseidengewebe, mehrfach überlappt gewickelt.

Der Aufbau aus Trägerkörper mit der mindestens einen Gradientenspulenwicklung wird zu einer Gießform vervollständigt, indem er beispielsweise von einer äußeren Hülle umgeben wird. Außerdem wird an den Stirnseiten der mit dem Imprägniermittel auszugießen-de Zwischenraum zwischen der Hülle und dem Trägerkörper beispielsweise mittels entsprechender Flansche abgeschlossen, die lediglich Öffnungen für das Einleiten und Überlaufen des zu verwendenden aushärtbaren Kunststoffes und für elektrische Anschlüsse des mindestens einen elektrischen Leiters der wenigstens einen Gradientenspulen besitzen.

In der Figur ist eine entsprechende Anlage zur Imprägnierung einer Gradientenspule unter Anwendung der erfindungsgemäßen Maßnahmen angedeutet. Es sind bezeichnet mit 2 die Imprägnieranlage, 3 ein Vakuum-Druck-Kessel, 4 eine elektrische Heizung um den Kessel, 5 eine Gießform, 6 eine Gradientenspulenwicklung, 7 ein stirnseitiger Endflansch der Gießform, 8 ein Mischgefäß, 9 eine Heizvorrichtung um das Mischgefäß, 10 einen Behälter zur Aufnahme eines Vorrat es an flüssigem, aushärtbarem Kunststoff bzw. eines Gießharzes, 11 der Gießharzvorrat, 12 eine Rührvorrichtung für den Gießharzvorrat, 13 eine Vakuumpumpe, 14 bis 18 Vaku umstellventile, 19 eine Führungsleitung für das Gießharz, 20 ein Harzeinlauf an der Gießform, 21 ein Ventil zur Steuerung des Harzdurchflusses, 22 ein Harzauffangreservoir und 23 bis 25 Druckmeßeinrichtungen.

Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden vorteilhaft die folgenden Verfahrensschritte vorgesehen:

- 1) Vor einem Verguß mit einem aushärtbaren Kunststoff wird der Spulenaufbau einer Entgasungsbehandlung unterzogen. Hierzu wird die Gießform 5 mit der in ihr befindlichen Spulenwicklung 6 in den Kessel 3 eingebraucht und bei einem Unterdruck p_1 mittels der Heizvorrichtung 4 bei einer Temperatur T_1 ausgeheizt. Beispielsweise wird die Entgasungsbehandlung bei $T_1 = 85^\circ\text{C}$ und $p_1 = 0,1 \text{ mbar}$ ein bis zwei Tage lang durchgeführt.
- 2) Der noch flüssige, aushärtbare Kunststoff wird ebenfalls einer Entgasungsbehandlung unterzogen. Hierzu werden die Komponenten des als aushärtbaren Kunststoff vorgesehenen Gießharzes 11 in dem Mischgefäß 8 beispielsweise bei einer Temperatur T_2 von 70°C mittels der Heizvorrichtung 9 ausgeheizt, mittels der Rührvorrichtung 12 gemischt und bei einem Unterdruck p_2 von beispielsweise unter 1 mbar entgast. Für einen dichten Wicklungs- bzw. Spulenaufbau wird vorteilhaft ein reines, ungefülltes Imprägnierharz verwendet. Es läßt sich somit die Gefahr, daß Partikel eines Füllstoffes des Imprägnierharzes kleinste Spalte abschließen und es dadurch zu einer Mikro-Lunkerbildung kommt, von vorn herein ausschließen. Als ein entsprechendes Imprägnierharz kann beispielsweise ein Harzsystem (mit dem Markennamen Araldit-Gießharzsystem) der Firma "CIBA GEIGY" mit folgender Zusammensetzung vorgesehen werden:

- Bisphenol A Epoxidharz, Typ FRL: 100 Gew.-Teile
- Härter, Typ HY905CR: 100 Gew.-Teile
- Flexibilisator, Typ DY 040: 20 Gew.-Teile
- Beschleuniger, Typ DY 073: 0,4 Gew.-Teile.

- 3) Nach der Entgasungsbehandlung der Spulenwicklung bzw. der Gießform 5 wird vorteilhaft der

Druck in der Kammer 3 soweit erhöht, daß bei dem sich anschließenden Vergußvorgang der Spulenwicklung eine Ausgasung des Imprägniermittels unterbunden wird. Ein Unterdruck p3 von mindestens 1 mbar, beispielsweise von 3 mbar, ist vorteilhaft. Außerdem wird mittels der Heizvorrichtung 4 eine gegenüber Raumtemperatur erhöhte Umgebungstemperatur T_u (= Innentemperatur des Kessels 3) von beispielsweise 80°C eingestellt.

4) Der oder die Leiter der Spulenwicklung 6 werden zumindest in einer Anfangsphase des Aushärtungsprozesses während wenigstens einer Stunde als eine Widerstandsheizung betrieben. Hierzu wird durch sie ein solcher Strom I_h hindurchgeleitet, daß sie auf einer gegenüber der Umgebungstemperatur T_u vergleichsweise höheren Temperatur T_h liegen. Vorteilhaft wird der Heizstrom I_h so eingestellt, daß sich an den Leitern eine Heiztemperatur T_h ergibt, die um 3 bis 20°C, vorzugsweise 5 bis 15°C höher als die Umgebungstemperatur T_u ist. Die Temperaturnessung bezüglich des Leiters erfolgt indirekt über die Messung der Verlustleistung über die Leiterlänge. Daneben sind auch spezielle Temperaturfühler anwendbar.

5) Das flüssige Gießharz wird dann aus dem Mischgefäß 8 über die Führungsleitung 19 in die Gießform 5 an dem Harzeinlauf 20 eingeleitet, indem in dem Mischgefäß 8 ein gegenüber dem Druck p3 in dem Kessel 3 vergleichsweise höherer Druck p4 von beispielsweise 200 mbar eingestellt wird. Der Vergußraum der Gießform 5 wird mit soviel Gießharz überflutet, bis sich das an der höchsten Stelle der Spulenwicklung 6 über die gesamte axiale Länge der Wicklung verlaufende Harzauffangreservoir 22 zumindest teilweise gefüllt hat.

6) Am Ende des Vergießvorganges wird vorteilhaft der Innendruck in dem Kessel 3 auf einen höheren Druck p4 von mindestens 1 bar, beispielsweise von 3 bar, erhöht, um so eine sichere Ausfüllung eventuell noch vorhandener Hohlräume an der Wicklung 6 durch das Gießharz zu gewährleisten. Eventuell vorhandene Mikro-Gasblaschen werden nochmals um einen hohen Faktor wie z. B. etwa 4000 verkleinert; oder sie werden vom flüssigen Harz absorbiert. Da während dieser Aushärtungsphase des Gießharzes an dem Leiter eine vergleichsweise höhere Temperatur $T_h > T_u$ aufgrund der Widerstandsheizung der Leiter eingestellt ist, wird vorteilhaft die Entstehung von Mikroschrumpfrissen zumindest in Leiternähe verhindert, indem die Aushärtungsreaktion am Leiter beginnt und damit von innen nach weiter außenliegenden Bereichen abläuft. Zugleich ist der in dieser Aushärtungsphase wichtige Harznachschub zum Schrumpfungsausgleich sichergestellt, weil an den vergleichsweise kälteren Spulenaufßenbereichen noch flüssige Harzreserven zur Verfügung stehen. Die Aushärtezeit beträgt beispielsweise mindestens 12 Stunden. Danach ist das Gießharz hinreichend fest, so daß sich dann eine Belüftung des Kessels 3 vornehmen läßt.

7) Es kann sich noch eine weitere Aushärtungsphase der Spulenwicklung in dem Kessel oder in einem anderen Ofen ohne Widerstandsheizung der Wicklung anschließen, beispielsweise bei 90° vier Stunden lang, dann bei 100° drei Stunden lang und schließlich bei 110° zehn Stunden lang. Während dieser Phase sind Normaldruckverhältnisse vorge-

sehen.

8) Nach einer Abkühlungsphase wird die Gießform 5 zerlegt, wobei gegebenenfalls auch der Trägerkörper der Spulenwicklung entfernt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung mindestens einer Gradientenspule einer Magnetresonanzanlage, bei welchem Verfahren ein Trägerkörper mit der mindestens einer Spulenwicklung aus wenigstens einem elektrischen Leiter versehen wird und dieser Spulenaufbau bei Unterdruckverhältnissen mit einem aushärtbaren Kunststoff vergossen und einer Wärmebehandlung zur Aushärtung des Kunststoffes auf einer gegenüber Raumtemperatur erhöhten Umgebungstemperatur unterzogen wird, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Wärmebehandlung zur Aushärtung des Kunststoffes der wenigstens eine elektrische Leiter als Widerstandsheizung mittels eines in ihm fließenden Stromes (I_h) derart betrieben wird, daß er sich zumindest in der Anfangsphase des Aushärtungsprozesses auf einer Leitertemperatur (T_h) befindet, die höher als die Umgebungstemperatur (T_u) des Spulenaufbaus (6) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine LeiterTemperatur (T_h) eingestellt wird, die 3 bis 20°C, vorzugsweise 5 bis 15°C, über der Umgebungstemperatur (T_u) liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Vergußvorgang mit dem aushärtbaren Kunststoff an dem wenigstens einen Leiter beim Aufbau der Spule ausgebildete, dem aushärtbaren Kunststoff zugängliche Hohlräume mittels Zusatzkörpern derart ausgefüllt werden, daß für den Kunststoff nur Resträume mit einer größten Weite von höchstens 2 mm verbleiben.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Vergußvorgang mit dem aushärtbaren Kunststoff der Spulenaufbau (6) einer Entgasungsbehandlung unterzogen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Vergußvorgang der aushärtbare Kunststoff (11) einer Entgasungsbehandlung unterzogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß während des Vergußvorganges der Spulenaufbau (6) auf einem Druck (p3) von mindestens 1 mbar gehalten wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß während der Anfangsphase des Aushärtungsprozesses mit der erhöhten LeiterTemperatur (T_h) der mit dem Kunststoff vergossene Spulenaufbau (6) auf einem Druck (p4) von mindestens 1 bar gehalten wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Anfangsphase des Aushärtungsprozesses eine weitere Phase des Aushärtungsprozesses bei Normaldruck anschließt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aushärtungsprozeß des Kunststoffes der Trägerkörper wieder entfernt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als aushärtbarer Kunststoff ein ungefülltes Gießharz vorgesehen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

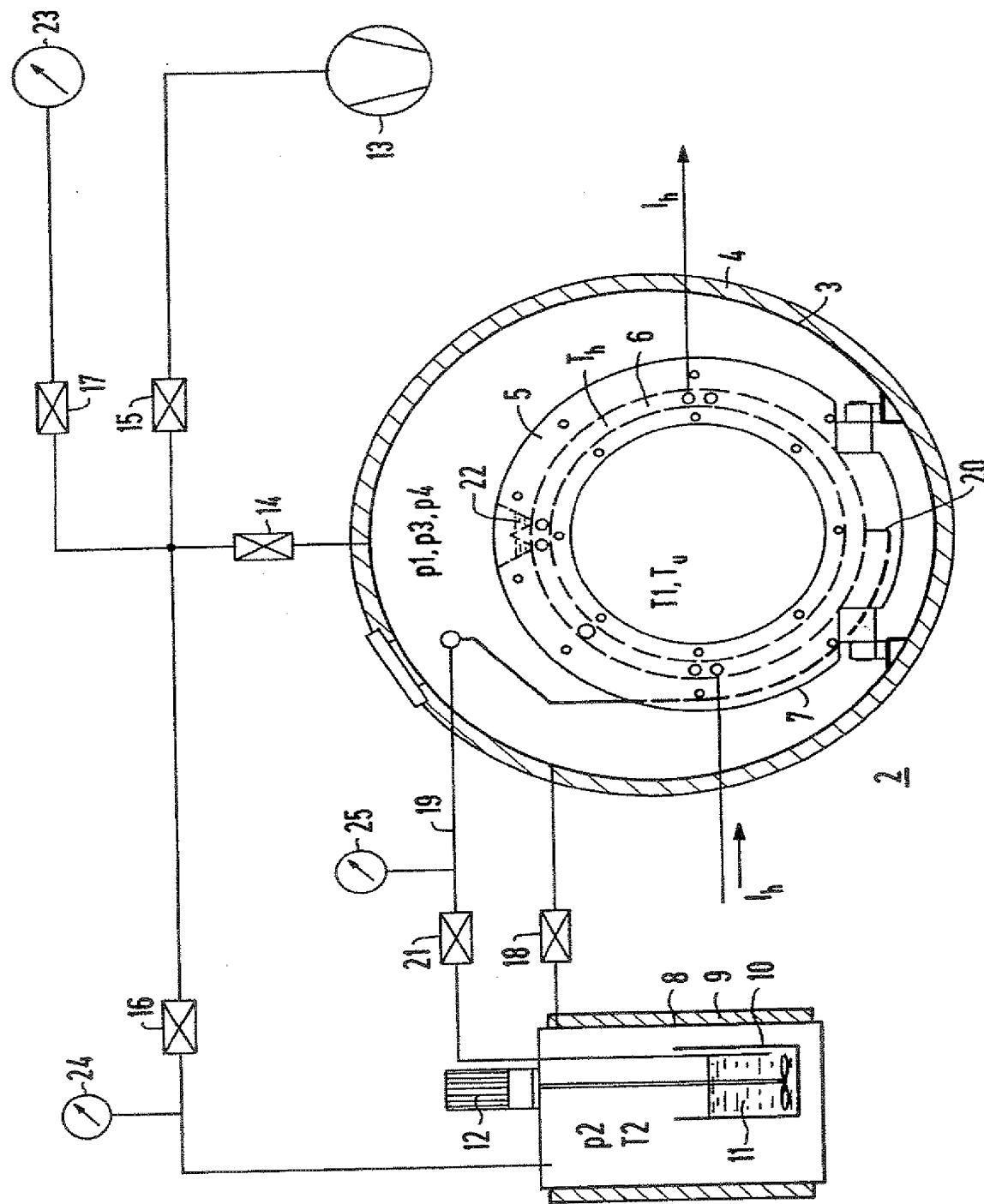
45

50

55

60

65



AN: PAT 1997-022012

TI: Gradient coil mfr. for magnetic resonance echo-planar imaging using electrical conductor moulded with plastic to form gradient coil winding, resistance heating to harden plastic, and holding conductor at higher temp. than surroundings

PN: DE19519933-A1

PD: 05.12.1996

AB: The gradient coil comprises a coil winding made of an electrical conductor moulded with plastic at low pressure and then heat-treated to harden the plastic. Resistance heating is used to harden the plastic. Gas is removed before the plastic is applied. At the beginning of the hardening process, the conductor is at a temp. which is higher than the surrounding temp. of the coil. The coil is held at a pressure of 1 millibar. The conductor is at a temp. between 5 and 15 deg. Centigrade higher than the surrounding temp.; Medical NMR EPI investigation. Prevents formation of dangerous spikes.

PA: (SIEI) SIEMENS AG;

IN: MASSEK P; MEIER K; SALZBURGER H;

FA: DE19519933-A1 05.12.1996;

CO: DE;

IC: G01R-033/385; H01F-041/04;

MC: S01-E01A; S01-E02A; S01-H05; S03-E07A; S05-D02B1; V02-F01G;

DC: S01; S03; S05; V02;

FN: 1997022012.gif

PR: DE1019933 31.05.1995;

FP: 05.12.1996

UP: 13.01.1997

